

УДК.627.053.6/7-52.

ОПТИМИЗАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
КООРДИНАТНОГО УСТРОЙСТВА ШВЕЙНОГО  
КОРОТКОШОВНОГО ПОЛУАВТОМАТА С  
МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

**Д.В. Ворфоломеев, Б.С. Сункуев**

*Учреждение образования «Витебский  
государственный технологический  
университет»*

Швейный короткошовный полуавтомат предназначен для изготовления вышивок на деталях верха обуви и пристрачивания накладных деталей в поле обработки 100x100 мм. Производительность полуавтоматов с микропроцессорным управлением ограничивается быстродействием шагового привода координатных устройств. Производительность привода есть функция многих параметров, в числе которых инерционные характеристики звеньев привода, а также выбранный закон движения шаговых двигателей. Характеристикой производительности служит время транспортирования материала.

При стачивании материалов верха обуви их перемещение осуществляется в старт-стопном режиме. При этом за время цикла работы  $T$  перемещение на величину стежка  $S$  происходит при нахождении иглы над материалом, в остальное время материал неподвижен (рис. 1).

При выборе закона движения ротора шагового двигателя с постоянным ускорением, и равенстве времени разгона и торможения получим следующее выражение для времени транспортирования [1]:

$$t_{\text{тр}} = S \cdot u / w_m + w_m / \varepsilon_m ; \quad (1)$$

где  $u$  – общее передаточное число привода;  $u = \varphi_m / S$ ,  $\varphi_m$  – угол поворота ротора двигателя за время  $t_{\text{тр}}$ ;

$w_m$ ,  $\varepsilon_m$  – максимальная угловая скорость и модуль углового ускорения ротора двигателя.

Выражение (1) является целевой функцией при оптимизации кинематических параметров привода.

Варьируемыми параметрами целевой функции являются  $u$ ,  $w$ ,  $\varepsilon$ . На варьируемые параметры накладываются ограничения:

$$\varepsilon_{\text{min}} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{\text{max}} ; \quad (2)$$

$$w_{\text{min}} \leq w \leq w_{\text{max}} ; \quad (3)$$

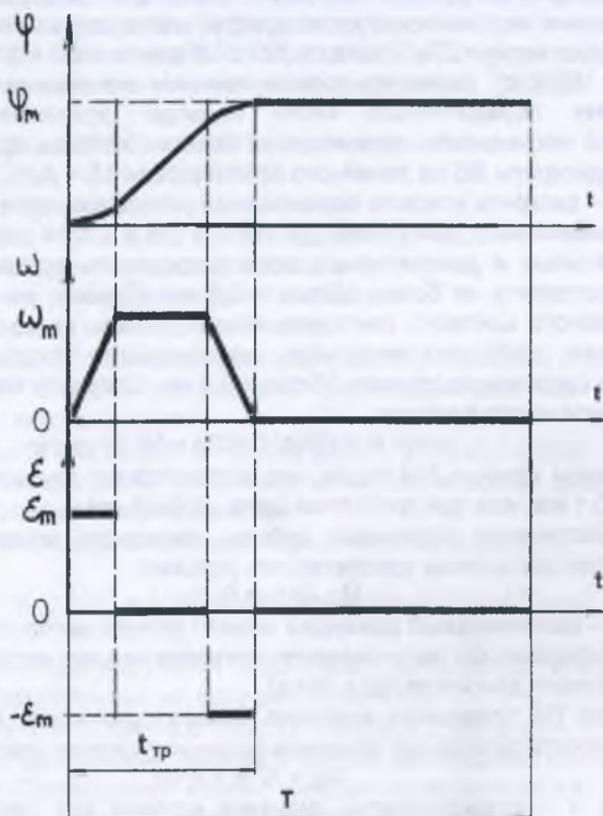


Рисунок 1 Кинематические диаграммы роторов шаговых электродвигателей

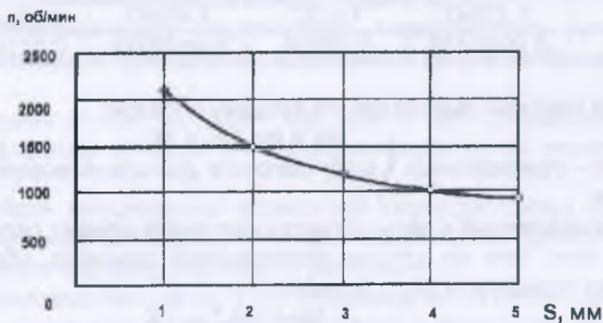


Рисунок 3 Зависимость скорости шитья от длины стежка

Минимальные и максимальные значения углового ускорения и наибольшей угловой скорости ротора шагового двигателя определяются областью существования механических характеристик шагового двигателя ДШ 200-3 [1].

Зададимся  $\omega_{\min} = 20 \text{ с}^{-1}$ ,  $\omega_{\max} = 120 \text{ с}^{-1}$ . Примем  $\epsilon_{\min} = 2000 \text{ с}^{-2}$ ,  
 $\epsilon_{\max} = 10000 \text{ с}^{-2}$ , задаваясь промежуточными значениями  $\epsilon$  с шагом  $2000 \text{ с}^{-2}$ .

Значение передаточного числа привода ограничивается величиной допустимой погрешности перемещения каретки, которая принимается равной величине дискреты  $\Delta S$  ее линейного перемещения  $\Delta S = \Delta\alpha/u$ ,

где  $\Delta\alpha$  – дискрета углового перемещения ротора шагового двигателя.

Для применяемых двигателей ДШ 200 – 3  $\Delta\alpha = 0,0314$  рад. При выполнении функциональных и декоративных швов погрешность прокладывания строчки должна составлять не более  $\Delta S_{\max} = 0,1$  мм. Однако, учитывая то, что шаг четырехфазного шагового двигателя можно разбить на восемь частей путем электронного дробления импульсов, максимальную погрешность без учета дробления шага можно принять  $\Delta S_{\max} = 0,8$  мм. Соответственно, минимальное передаточное число привода:

$$u_{\min} = 0,0314 / 0,0008 = 39,25 \text{ рад/м.}$$

Принимаем  $u_{\max} = 314$  рад/м, что соответствует точности прокладывания строчки в 0,1 мм, или при дроблении шага – 0,0125 мм.

Для обеспечения устойчивой работы приводного механизма параметры целевой функции должны удовлетворять условию:

$$M_d - M_n \geq 0, \quad (4)$$

где  $M_d$  – максимальный движущий момент ротора шагового двигателя,

$M_n$  – приведенный к валу шагового двигателя момент нагрузки.

Для шагового двигателя  $M_d = F(\omega, \epsilon)$ .

В работе [1] приведены значения момента двигателя в зависимости от угловой скорости ротора при заданном значении углового ускорения.

$$M_d = 1 / (a + v^* \omega), \quad (5)$$

где  $a$  и  $v$  – коэффициенты, значения которых для двигателя ДШ 200-3 сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

$\epsilon, \text{с}^{-2}$ коэф	2000	4000	6000	8000	10000
a	1,37642	1,6737	1,49943	1,58381	1,589
v	0,0289176	0,20026	0,0176748	0,0125149	0,0120781

Момент нагрузки выразится следующим образом:

$$M_n = I_{\text{пр}} * \epsilon_m + M_{\text{спр}}$$

где  $I_{\text{пр}}$  – приведенный к валу шагового двигателя момент инерции звеньев механизма,

$M_{\text{спр}}$  – приведенный к валу шагового двигателя момент сил сопротивления.

Ввиду того, что на стадии изготовления опытного образца невозможно достоверно определить  $M_{\text{спр}}$ , примем

$$M_n = I_{\text{пр}} * \epsilon_m / K,$$

где  $K = 0,8$ .

Приведенный момент инерции зависит от передаточного отношения привода.

Используя нумерацию рисунка 2, определим передаточные отношения числа:

1) зубчато-ременной передачи  $U_{2-4} = D_4/D_2$ ;

2) передачи шестерня-рейка  $U_{5-8} = 2/D_5 = 2/24,87 = 0,08 \text{ мм}^{-1} = 80 \text{ м}^{-1}$ .

Общее передаточное число  $U = U_{2-4} \cdot U_{5-8}$

Предполагая, что конструктивно обеспеченное передаточное число шестерня – рейка остается неизменным, определим область вариации параметра  $U$ :

$$U_{2-4\text{min}} = U_{\text{min}} / U_{5-8} = 39 / 80 = 0,4875,$$

$$U_{2-4\text{max}} = U_{\text{max}} / U_{5-8} = 314 / 80 = 3,925.$$

$I_{\text{пр}}$  определится из равенства

$$I_{\text{пр}} = \sum (I_i/U_i^2) + \sum (m_j/U_i^2),$$

где  $I_i$  - моменты инерции вращающихся звеньев,

$m_j$  - массы звеньев, движущихся поступательно,

$U_i$  - соответствующие передаточные числа.

Момент инерции ротора шагового двигателя ДШ 200-3 равен  $I_1 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

Полагая шкивы полыми цилиндрами, изготовленными из алюминия, определим момент инерции шкива 2:

$$I_2 = \pi \cdot (D^4 - d^4) \cdot h \cdot \rho / 32 = 3,14 (0,013^4 - 0,006^4) \cdot 0,021 \cdot 2750 / 32 = 0,0085 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

При вариации параметра  $U$  изменения моментов инерции шкивов 2 и 3 ввиду их незначительности не учитывались.

Моменты инерции остальных звеньев определены из формул.

Для шкива 4:

$$I_4 = 3,14 (0,025^4 + 0,01^4) \cdot 0,021 \cdot 2750 / 32 = 0,223 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

Для вала 5:

$$I_7 = \pi \cdot D^4 \cdot h \cdot \rho / 32 = 3,14 \cdot 0,01^4 \cdot 0,22 \cdot 7800 / 32 = 0,146 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

Для каждой из закрепленных на валу шестерен 5 и 6:

$$I_5 = 3,14 (0,025^4 - 0,01^4) \cdot 0,012 \cdot 7800 / 32 = 0,341 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

Массу кассеты с заготовками, каретки и втулок, движущихся поступательно примем равной 2 кг. Приведенный момент инерции привода по оси  $X$ :

$$I_{\text{хпр}} = \sum (I_i/U_i^2) + \sum (m_j/U_i^2) = 2 \cdot 10^{-5} + 0,0085 \cdot 10^{-5} + 0,223 \cdot 10^{-5} / (U/80)^2 + 0,146 \cdot 10^{-5} / (U/80)^2 + 2 \cdot 0,341 \cdot 10^{-5} / (U/80)^2 + 2 / U^2 = 0,0000201 + 2,0672/U^2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

При решении задачи минимизации целевой функции (1) с учетом ограничений (2), (3), (4) применен метод Монте – Карло [3, 4].

Оптимизация кинематических параметров координатного устройства швейного короткошовного полуавтомата реализована на языке Pascal 7.0 for Windows.

Величина  $s$  принималась от 0,001 до 0,006 м. Случайные числа генерировались в пределах от 0 до 1 с равномерной вероятностью значений.

График зависимости максимально возможной скорости шитья от длины стежка приведен на рис. 3. Видно, что при возрастании длины стежка, максимально возможная производительность уменьшается.

Максимальная производительность 2100 стежков в минуту достигается при длине стежка  $S = 1 \text{ мм}$ , ускорении ротора  $8000 \text{ рад/с}^2$  и максимальной угловой скорости  $37 \text{ рад/с}$ . При этом точность прокладывания строчки составит  $0,1 \text{ мм}$  при общем передаточном отношении привода  $u = 250 \text{ рад/м}$ .

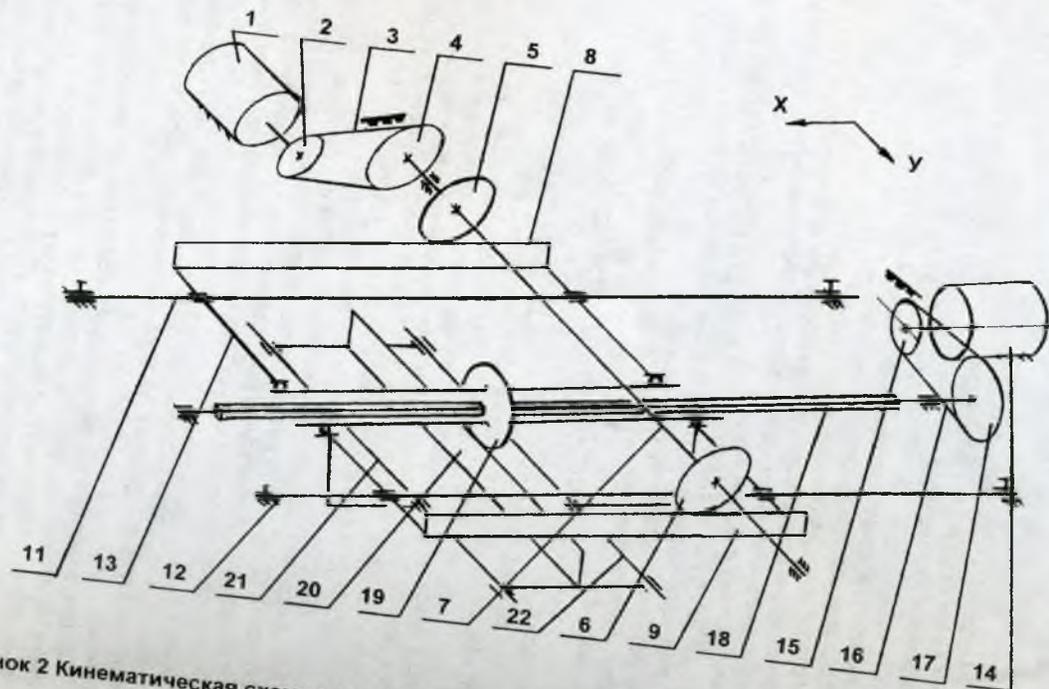


Рисунок 2 Кинематическая схема координатного устройства короткошовного полуавтомата

Список использованных источников.

1. Сункуев Б.С., Беликов С.А., Кузнецова Т.В., Исследование механических характеристик шаговых двигателей, Сборник статей XXI научно-технической конференции, Республика Беларусь, Витебск: ВГТУ, 1998.- 172 с.
2. Беликов С.А., Сункуев Б.С., Исследование динамики привода координатного устройства швейного полуавтомата с МПУ, Тезисы докладов XXIX научно-технической конференции преподавателей и студентов ВГТУ, Витебск, 1996, с.39.
3. Соболев И.М. Метод Монте-Карло, М.: Наука, 1978,- 64с.
4. Э. Хофер, Р. Лундерштедт, Численные методы оптимизации, М.: Машиностроение, 1981. - 192с.

УДК.(687.053:681.32)+685.34.025.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
СБОРКИ ВЕРХА ОБУВИ**

***Б.С. Сункуев, А.Э. Буевич, С.И. Гапанович***

*учреждение образования «Витебский  
государственный технологический  
университет»*

Сотрудниками УО «ВГТУ» и ОАО «НП Опытно-конструкторское бюро машиностроения» разработан швейный полуавтомат ПШ-1 с микропроцессорным управлением для сборки плоских заготовок верха обуви [1]. Производственная апробация полуавтомата проведена на ОАО «Лидская обувная фабрика» [2]. В процессе апробации существенно переработана конструкция заготовки верха полуботинок мужских типа «Адидас» (модель ЛМ 9701, артикул 1С 303-А84) и технология ее сборки, разработана и изготовлена оснастка к швейному полуавтомату и подготовлена управляющая программа. Проведена также доработка конструкции полуавтомата: вместо неподвижной верхней прижимной лапки разработан, изготовлен и установлен механизм вертикального перемещения верхней лапки с шаговым электроприводом [3], что позволило существенно улучшить качество стачивания заготовки верха. По результатам апробации выпущена опытная партия обуви, полностью удовлетворяющая по показателям качества требованиям производства. Внедрение технологии автоматизированной сборки верха обуви на ОАО «Лидская обувная фабрика» позволит сократить число рабочих на участке сборки на 22%, и за счет этого получить экономический эффект (в ценах на 2001 г.) 25 млн. рублей РБ. Кроме того, сокращается на 9 единиц количество швейного оборудования, занимаемые производственные площади, улучшается внешний вид соединительных строчек.

В настоящей работе приведены результаты исследований, направленных на разработку автоматизированной технологии сборки верха обуви для СП «Отико». В качестве объекта автоматизации выбрана модель обуви 2532 ГОСТ 19116-84 «Полуботинки мужские с верхом из натуральной кожи, верхним кантом берцев, обработанных в выворотку с креплением на шнурках на отделочной тесьме». Чертеж плоской заготовки верха обуви с указанием контуров деталей